



**Tercera Entrega Parcial del Proyecto: 00089333 – FSP – “Fortalecimiento de Capacidades en el manejo de especies exóticas invasoras (EEI) sobre los impactos económicos de la presencia del tunicado en la actividad productiva”.**



**IMPACTOS ECONÓMICOS DE LA PRESENCIA DEL TUNICADO EN LA PESQUERÍA DE CALLO DE HACHA EN LA ENSENADA DE LA PAZ, DURANTE LOS PROCESOS DE REPOBLAMIENTO, 2016 – 2017 Y DURANTE LA TEMPORADA DE PESCA 2018  
SEPTIEMBRE 2018**

**Entidad consultora:** NOS Noroeste Sustentable AC

Las opiniones, análisis y recomendaciones de política incluidas en este informe no reflejan necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, como tampoco de su junta ejecutiva ni de sus estados miembros.



FONDO MEXICANO  
PARA LA  
CONSERVACIÓN  
DE LA NATURALEZA, A.C.  
Institución Privada.



**Título:** Impactos económicos de la presencia del tunicado en la pesquería de callo de hacha en la Ensenada de La Paz, durante el proceso de repoblamiento 2016 – 2017 y durante la temporada de pesca 2018.

**Objetivo:** Generar una primera estimación de la pérdida económica que representó para la pesquería de callo de hacha, la mortalidad de organismos de *Atrina maura* causada por el tunicado *Distaplia stylifera* durante el evento de invasión 2016 – 2017 y la temporada de pesca 2018.

**Autor:** Silvia Ramírez Luna

**Modo de citar documento:** PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. Impactos económicos de la presencia del tunicado *Distaplia stylifera* en la pesquería de callo de hacha en la Ensenada de La Paz, durante el proceso de repoblamiento 2016 – 2017 y durante la temporada de pesca 2018. Servicio de consultoría para la elaboración de un protocolo de detección temprana y respuesta rápida, ante la presencia de tunicados en zonas de producción de moluscos de importancia económica y análisis económico de los efectos de la presencia de las especies exóticas. Proyecto: 00089333 – Aumentar las Capacidades de México para el manejo de Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la implementación de la Estrategia Nacional para EEI”. Ramírez Luna, S. pp. 20.

**Área objeto del informe:** Ensenada de La Paz, Sitio RAMSAR 1816 Humedales Mogote – Ensenada de La Paz

**Fecha de inicio y término:** 20 de julio de 2018 al 17 de junio de 2019

**Vínculo con los objetivos y metas de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras:**

Este documento se alinea con la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México (ENEI), para generar acciones orientadas a la prevención, el control y la erradicación de especies invasoras mediante la participación coordinada, proactiva y responsable de los actores involucrados. Se alinea con el Objetivo estratégico 1, relativo a prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras, en la meta 1.2 relativa a generar información relevante, oportuna y accesible, que genere capacidades en diversos sectores para atender las prioridades relacionadas con las especies invasoras; con la acción específica de realizar un análisis económico del efecto de la especie invasora en la Ensenada de La Paz.

**Resumen:**

De 2011 a 2018 los pescadores de El Manglito pertenecientes a la Organización de Pescadores Rescatando la Ensenada (OPRE), junto con la organización civil NOS Noroeste Sustentable AC han llevado a cabo esfuerzos de repoblamiento para las poblaciones silvestres de tres especies de

callo de hacha que habitan la Ensenada de La Paz: Hacha china (*Atrina maura*), Hacha botijona (*Atrina tuberculosa*) y Hacha larga (*Pinna rugosa*), logrando revertir el agotamiento del recurso. La comunidad ha logrado organizarse, formar una sociedad de producción rural, solicitar y obtener la concesión pesquera de estos recursos por veinte años y han logrado reactivar la pesquería de callo de hacha, aplicando medidas de manejo responsable y prácticas de pesca sustentable. Sin embargo, en 2015 se detectó la presencia de una especie invasora de ascidia (tunicado), que en poco tiempo afectó a las poblaciones de las tres especies de callo de hacha, empleando las conchas de los bivalvos como sustrato de fijación. Las ascidias crecieron masivamente sobre cada hacha, provocando el sofocamiento, inanición y debilitamiento de los organismos infestados. Los resultados de las evaluaciones poblacionales indicaron que en 2017 la abundancia de hachas disminuyó significativamente (casi un 80%), modificando la tendencia de crecimiento de los años previos y afectando las expectativas de la reapertura de la pesca. Los resultados muestran que entre 2016 y 2017 se perdieron en total 597,896 organismos debido a la invasión del tunicado. El valor económico asociado a la pérdida de producción, se calculó a partir del rendimiento promedio de callo (músculo abductor que se comercializa en la pesquería) que pudo estar disponible para 2017 y 2018. Los cálculos indican una pérdida de aproximadamente \$5,642,116 MN. Esa estimación no incluye la pérdida en la capacidad reproductiva de la población de bivalvos. Por el momento no se tienen pruebas concluyentes, excepto las observaciones de los pescadores, que reportan que durante 2018 la invasión no ha avanzado más y se ha logrado contener. Se recomienda implementar medidas que permitan mantener bajo control la dispersión del tunicado, continuar la extracción de objetos y conchas con elevada cobertura; continuar la limpieza de valvas en organismos vivos. Además, es necesario realizar monitoreos de detección de posibles sitios de dispersión de la ascidia y definir zonas estratégicas de limpieza de acuerdo con las condiciones de la corriente, para realizar el seguimiento de las zonas limpiadas, saber el tiempo que tarda en volver a cubrirse y determinar la tasa de crecimiento del tunicado.

## Contenido

ANTECEDENTES _____	6
METODOLOGÍA _____	8
Estimación de abundancia poblacional _____	9
Estructura de tallas por especie _____	9
Limpieza y control de tunicados (acción de saneamiento) _____	9
RESULTADOS _____	11
Consideraciones sobre la cobertura de tunicado durante 2016 y 2017 _____	11
Estimación de abundancia poblacional _____	12
Estructura de tallas por especie _____	14
Estimación del impacto económico de la presencia del tunicado en la pesquería de callo de hacha en la Ensenada de La Paz _____	14
Afectación en la abundancia _____	15
Afectación a la estructura de tallas _____	16
CONCLUSIONES _____	18
RECOMENDACIONES _____	19
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	20

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa del área concesionada a OPRE _____	7
<b>Figura 2.</b> Zona de influencia de la desembocadura del Arroyo El Cajoncito días después de la tormenta tropical Lidia. Se observa resuspensión de sedimento debido a la entrada de agua y sedimento. _____	11
<b>Figura 3.</b> Estimación poblacional de 2011 a 2017, por especie de callo de hacha _____	12
<b>Figura 4.</b> Estimaciones de abundancia poblacional para <i>A. maura</i> _____	13
<b>Figura 5.</b> Estructura de tallas de varios años, obtenida de los censos anuales _____	14

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Estimación de la abundancia de hachas vivas y muertas durante el censo y saneamiento de 2016 y 2017 _____	15
<b>Tabla 2.</b> Porcentaje de aportación a la mortalidad por especie y año _____	13
<b>Tabla 3.</b> Aportación por especies, año y categoría de talla a la mortalidad por tunicado _____	13
<b>Tabla 4.</b> Valor estimado del rendimiento de callo producido y no aprovechado, para las temporadas de pesca 2017 y 2018. _____	14

## **IMPACTOS ECONÓMICOS DE LA PRESENCIA DEL TUNICADO EN LA PESQUERÍA DE CALLO DE HACHA EN LA ENSENADA DE LA PAZ**

### **ANTECEDENTES**

De 2011 a 2018 los pescadores de El Manglito pertenecientes a la Organización de Pescadores Rescatando la Ensenada (OPRE), junto con la organización civil NOS Noroeste Sustentable AC han llevado a cabo esfuerzos de repoblamiento para tres especies de callo de hacha que habitan la Ensenada de La Paz: Hacha china (*Atrina maura*), Hacha botijona (*Atrina tuberculosa*) y Hacha larga (*Pinna rugosa*). El éxito de esta iniciativa de restauración ha radicado en generar procesos de transformación social en la comunidad que históricamente ha dependido de la pesca de bivalvos, particularmente almeja catarina y callo de hacha. Las mujeres y pescadores buzos que integran a OPRE (109 socios), están logrando transitar de un escenario de agotamiento de recursos, desintegración de tejido social y pobreza económica a un escenario de abundancia de recursos, construcción de comunidad, cohesión social e identidad y generación y distribución de riqueza. A lo largo de siete años esta comunidad ha tomado decisiones colectivas que han permitido revertir el agotamiento del recurso natural (desde 2013 acordaron dejar de extraer el recurso; iniciaron operativos de vigilancia participativa para disuadir la pesca ilegal, han realizado monitoreos poblacionales anuales y sobre todo, han generado espacios que les han permitido construir y fortalecer su gobernanza); desde estos espacios fueron generados procesos de organización que resultaron en la creación de una Sociedad de Producción Rural, en la obtención de una concesión pesquera que les ha otorgado derechos exclusivos de aprovechamiento de las 11 especies, entre ellas las 3 de callo de hacha en la Ensenada de La Paz; y han logrado reactivar la pesquería de callo de hacha a partir de un aprovechamiento responsable, que garantiza prácticas de pesca sostenible, tendientes a lograr y mantener la sustentabilidad, calidad y legalidad de su pesquería.

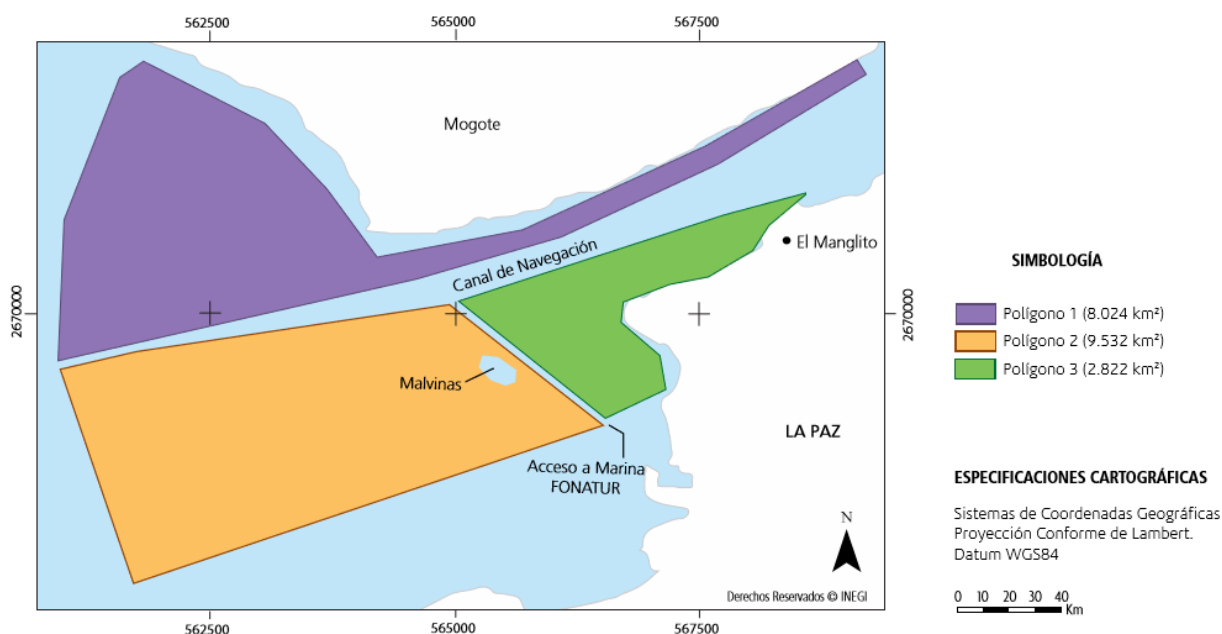


Figura 1. Mapa del área concesionada a OPRE (2,038 Ha).

El proceso de repoblamiento se ha documentado a partir de evaluaciones poblacionales anuales y por esa razón en 2015 fue posible detectar la presencia de una especie invasora de ascidia (tunicado), que en poco tiempo afectó de forma severa las poblaciones de las tres especies de callo de hacha. Los resultados de las evaluaciones indicaron que en 2017 la abundancia poblacional disminuyó significativamente (casi un 80%), modificando la tendencia de crecimiento de los años previos y afectando completamente las expectativas de la reapertura de la pesca y el bienestar de aproximadamente 150 familias y casi 650 personas que dependen directamente de esta actividad.

Aunque no hay certeza de la forma en que la ascidia pudo haber iniciado la invasión en la Ensenada de La Paz, existen razones para pensar que llegó en el agua de lastre de yates, veleros o barcos internacionales que llegan a esta zona del país. Una vez establecidas, se sabe que las especies invasoras pueden causar pérdidas cuantiosas (miles de millones de dólares al año). En otros países, existen estimaciones concretas del impacto económico que provoca una especie así sobre algunos sectores productivos; por ejemplo, Pimentel *et al.* (2005) realizaron una revisión de las especies invasoras introducidas en los ecosistemas acuáticos de Estados Unidos y mencionan, para el grupo de los moluscos, 88 especies introducidas; tres de ellas se han convertido en invasoras: el ostión zebra (*Dreissena polymorpha*), la almeja asiática (*Corbicula fluminea*) y el ostión quagga (*Dreissena bugensis*). Los costos asociados a los daños generados por los ostiones zebra y asiático se han estimado aproximadamente en mil millones de dólares por año, incluyendo el costo anual para su control. De igual modo el gusano introducido, *Teredo navilis*, ha causado serios daños desde inicios de los 90, estimándose un costo por daños de aproximadamente \$205 millones de dólares/año (Pimentel *et al.*, 2005). Otro caso es la aparición de peces loricáridos en la presa “El Infiernillo”; los daños causados por la invasión de esta especie fueron estimados a partir de la afectación

y pérdida del capital natural y en la actividad pesquera. El monto total estimado ascendió hasta 178 millones de pesos, considerando la pérdida en artes de pesca; en horas hombre trabajadas, disminución de capturas, pérdidas por temas de salud (Stabridis-Arana *et al.*, en: Directrices Trinacionales Para La Evaluación De Riesgos De Las Especies Acuáticas Exóticas Invasoras, 2009)

Sin embargo, en México hacen falta estudios más detallados y este tipo de valoraciones apenas se están desarrollando, por lo que no es fácil contar con estimaciones de la afectación a las actividades productivas por presencia de especies invasoras. Además de los daños económicos que generan estas especies, el daño también contribuye a la inestabilidad social, generando en consecuencia, obstáculos para el desarrollo y el crecimiento económico de las regiones (Pimentel *et al.*, 2001; Sala *et al.*, 2000; Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

En este documento se ofrecen elementos para una primera estimación de los costos que representó para la pesquería de callo de hacha, la pérdida de producto (músculo de callo de hacha comercializándose en los mercados locales) a causa de los organismos muertos por efecto de la invasión del tunicado. La información en la que se apoya este documento es la variación en la abundancia poblacional, desde 2011 a 2017, así como la información generada de los esfuerzos de saneamiento que durante 2016 y 2017 los pescadores han desarrollado. Finalmente se incorporan para la valoración de los costos, algunos puntos de referencia generados en la temporada de pesca de 2017.

## METODOLOGÍA

La base principal para el análisis que se presenta es la información sobre la variación de las abundancias poblacionales con respecto al tiempo, la estimación de las hachas muertas, así como las estructuras de talla generadas durante los censos poblacionales y los procedimientos de limpieza de tunicado, desde 2011 hasta 2017.

### *Consideraciones del análisis*

El análisis sobre el impacto económico a la pesquería de callo de hacha se realizó considerando las pérdidas a partir de la mortalidad documentada durante los censos poblacionales de 2016 y 2017, y la cuantificación de conchas de hachas muertas derivadas de la limpieza. Antes de 2016 no se había documentado la mortalidad, la población estaba en proceso de recuperación y no había una pesca formal ni antes de 2015 se había detectado el tunicado. La pesca reinició en septiembre de 2017, por lo que el planteamiento supone que, de no haber muerto por causa del tunicado, los organismos habrían sido parte del stock reclutado a la pesquería de 2017, 2018 y 2019. (En este análisis no se incluye la pérdida económica derivada de la disminución en el potencial reproductivo causado por la pérdida de reproductores que murieron debido a la invasión). Además, fue hasta mediados de 2016 que se empezó a registrar la mortalidad provocada por el tunicado.

Si bien el recurso que se encuentra disponible a la pesquería es *Atrina maura*, el análisis se ha realizado con las tres especies.



### **Estimación de abundancia poblacional**

La información empleada para la estimación de abundancia poblacional se ha generado a partir de muestreos no extractivos, realizados por los pescadores buzos de Manglito, en el área histórica de distribución del callo de hacha en la Ensenada de La Paz, que ahora es parte de la concesión pesquera otorgada a OPRE. La unidad de muestreo son transectos de 50 x 2 m, dispuestos dentro de cuadrantes de 100 x 100m (10 transectos por cuadrante). Los cuadrantes están distribuidos ocupando toda el área de la concesión pesquera de OPRE con los registros generados en estos muestreos (que los pescadores llaman censos anuales) se han obtenido anualmente (desde 2011 hasta 2017), abundancias relativas para las tres especies, así como datos del ancho de concha de 30 organismos por transecto. A partir de 2016, se empezó a registrar la mortalidad ligada a presencia de tunicado, por transecto. Para la estimación poblacional anual de toda el área de distribución (1300 Ha), se han empleado los estimadores de Pennington (1996) asumiendo que la distribución de abundancias de los cuadrantes corresponde a una distribución tipo Delta (con alta varianza e incertidumbre asociadas a los datos, elevada proporción de ceros y pocos valores altos).

De forma similar, se empleó este procedimiento para estimar la mortalidad de hachas en el área total de distribución.

### **Estructura de tallas por especie**

Se generó la estructura de talla anual para organismos vivos, a partir de las mediciones del ancho de concha que se registraron durante los censos poblacionales, en hasta 30 organismos (precisión de 5 mm), independientemente de la especie; clasificándolos en tres rangos de talla: reclutas (1.0 a 7.9 cm), juveniles (8.0 a 13.9 cm) y de talla comercial (14.0 cm y mayores); por último, se estimó el porcentaje de organismos en cada categoría.

También se generó la estructura de tallas de hachas muertas a partir de las mediciones de conchas extraídas durante el procedimiento de limpieza (se sabe que murieron por efecto del tunicado porque son hachas que se mantienen semienterradas, como si estuvieran vivas, pero sus conchas están totalmente cubiertas por tunicado y cuando el buzo las revisa, se desprenden fácilmente del fondo ya que perdieron el biso, que es la estructura de fijación que los mantiene adheridos al fondo. De ese modo, las hachas cubiertas de tunicado, parcialmente enterradas y vacías, son consideradas como hachas que murieron por inanición y asfixia debido al tunicado.

### **Limpieza y control de tunicados (acción de saneamiento)**

Del 8 de septiembre al 21 de diciembre de 2016 y del 3 de enero al 21 de julio de 2017 se realizaron acciones de limpieza de tunicado durante 168 días efectivos. En esta actividad participaron 25 pescadores en promedio, con 4 o 5 embarcaciones, realizando en total 767 jornadas de saneamiento.

Estas acciones consistieron en extraer del agua (mediante buceo hooka), objetos invadidos por tunicado, incluyendo conchas de hachas que ya estaban muertas debido al elevado nivel de cobertura. El proceso de extracción requirió de capacitaciones previas, para establecer los procedimientos para retirar el tunicado, así como el manejo del mismo en la embarcación y su disposición final en pozos, junto con el agua drenada. El costo aproximado por día de trabajo de una embarcación con 4 a 5 personas fluctúa entre \$2,200 a \$2,500 MN. Una jornada de trabajo puede durar de 4 a 6 horas, dependiendo de las condiciones de tiempo, mareas y visibilidad. Los materiales necesarios para la actividad consistieron de

jabas de malla metálica recubierta, guantes, hojas de registro, báscula, taras, palas y picos, lentes de protección. Durante el proceso, el tunicado extraído se pesó y se contaron las hachas muertas. Para obtener el rango de tallas que fueron afectadas por la invasión de tunicado, se obtuvieron datos de talla en una submuestra de 30 organismos diarios por embarcación.

Con la información mencionada se obtuvo el número total de hachas muertas por alta cobertura de tunicado; distinguiendo el porcentaje aportado tanto por especie de hachas, como por categorías de talla, juvenil (de 1 a 13 cm de ancho) y comercial (de 14 cm en adelante) con base en la estructura de tallas para cada especie y año.

A los organismos de talla comercial se les aplicó un factor de rendimiento del musculo abductor (callo) y se estimó, con base en ese rendimiento, la producción de callo (en kg y en \$MN) que se dejó de producir por la muerte de esos organismos debido a la cobertura de tunicado.

## RESULTADOS

### Consideraciones sobre la cobertura de tunicado durante 2016 y 2017

Para noviembre de 2017 ya se sabía que la cobertura de tunicado había disminuido considerablemente con respecto a las coberturas observadas en 2016, y que no existían las extensiones de tapetes de tunicado observadas al inicio del año. Esta disminución se debió a un amplio esfuerzo de saneamiento que hicieron los pescadores de OPRE, durante 11 meses, desde septiembre de 2016 hasta julio de 2017, en que se lograron limpiar más de 60 hectáreas de las zonas con mayor invasión y también de mayor abundancia de hachas, extrayendo 177.1 toneladas de tunicado y 46,966 hachas muertas por cobertura total de concha con tunicado.

Año	Tunicado extraído (Kg)	Hachas muertas
2016	34,749	16,922
2017	142,362	30,044
Total general	177,111	46,966

Además de la limpieza de fondo realizada por los pescadores, en septiembre de 2017 (31 de agosto al 1 de septiembre), se tuvo la presencia de la tormenta tropical Lidia, con precipitaciones torrenciales, que provocaron fuerte desembocadura de agua y sedimento hacia la Ensenada de La Paz (Fig. 2). Durante ese periodo hubo una gran cantidad de agua dulce y sedimentos que entraron a la ensenada por el arroyo de “El Cajoncito”. Se cree que este evento contribuyó de forma importante a disminuir la presencia del tunicado, debido a los cambios en salinidad que se provocaron por la entrada de agua dulce en la Ensenada, así como por el aporte de sedimento. Evidentemente también las hachas que estaban en los alrededores de la desembocadura fueron afectadas, pero el efecto más notorio fue la disminución de la presencia del tunicado.

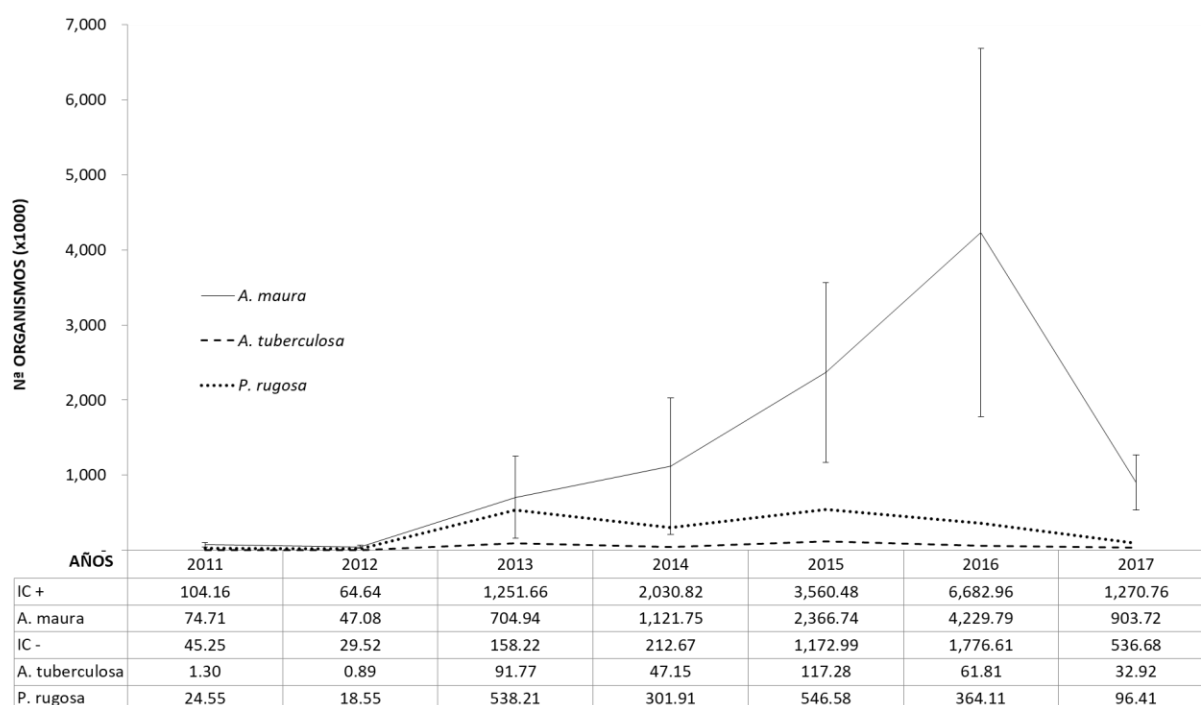


**Figura 2.** Zona de influencia desembocadura Arroyo El Cajoncito dos días después de Tormenta tropical Lidia. Se observa sedimento resuspendido por entrada de agua y sedimento. Fuente: Alejandro Rivas y NOS Noroeste Sustentable, 2017.

### Estimación de abundancia poblacional

En la Figura 3 se muestra la variación de la abundancia desde 2011 hasta 2017, con los valores de abundancia promedio obtenidos para cada especie en cada año. Solo para *A. maura* se muestran los intervalos de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

La variación de la abundancia en el tiempo indica diferencias importantes para las tres especies: *A. tuberculosa* y *Pinna rugosa* con fluctuaciones en la abundancia que no reflejan un incremento en sus poblaciones, y, por el contrario, a partir de 2015 muestran una tendencia decreciente. Por su parte, *A. maura* mostró una tendencia de incremento poblacional y mayor capacidad de amortiguar los efectos de factores adversos, aunque en 2016 y en 2017, se observó una disminución significativa, con respecto a lo esperado, explicada en su mayor parte por la presencia del tunicado.

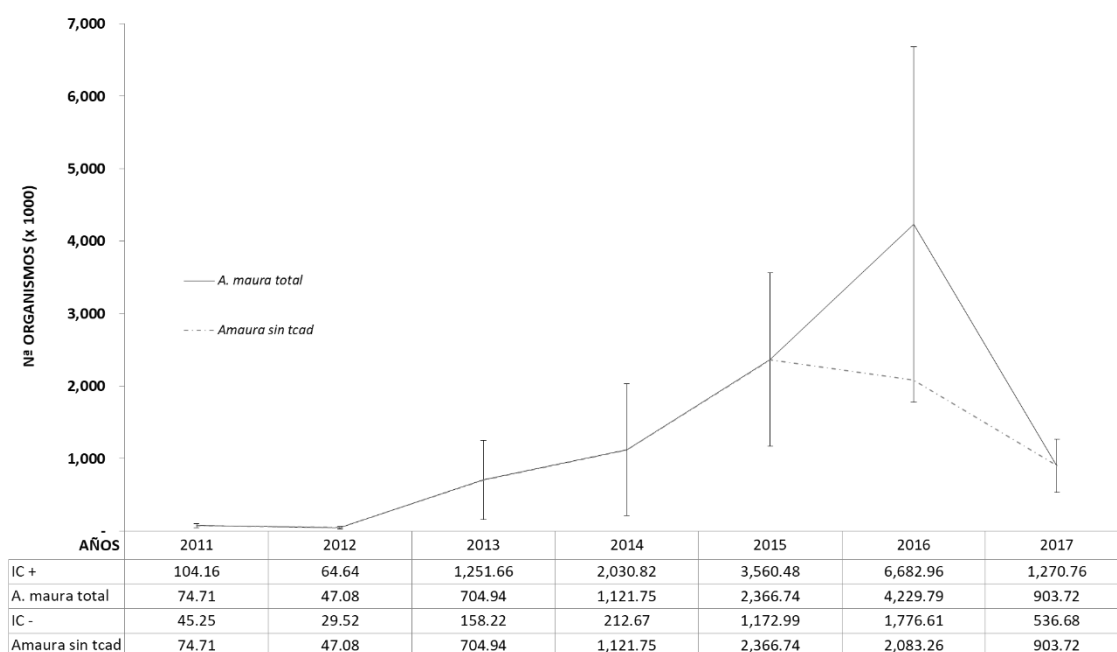


**Figura 3.** Estimación poblacional de 2011 a 2017, por especie de callo de hacha.

En la gráfica también se observa un rasgo característico: una elevada incertidumbre asociada a las estimaciones de abundancia promedio (amplios intervalos de confianza). La amplitud de esos intervalos fue mayor de 2013 a 2016, pero se reducen en 2017. La explicación más evidente es que en 2017 la disminución de la población ocurrió principalmente en los parches de gran abundancia y afectó a organismos de todas las tallas, tanto reclutas como reproductores de tallas muy grandes. De este modo, este evento de mortalidad “normalizó” las abundancias, y los parches súper abundantes sufrieron una pérdida significativa, tanto en abundancia como en amplitud de rango de tallas (se perdió reclutamiento de juveniles y se perdieron súper reproductores). Reduciendo así la incertidumbre intrínseca que se tenía en los años previos y característica de la distribución de la especie en parches de gran abundancia con zonas de abundancia escasa o nula.

Como se mencionó en la metodología, a partir de 2016, durante el censo se registraron datos como el número de hachas muertas y la cobertura de tunicados presentes en los transectos. Con esta información fue posible estimar lo que se denominó como “hachas amenazadas con tunicado”. Para el caso de *A. maura*, esta cantidad correspondió a casi el 51% de la estimación total (Fig. 4). Es decir, 2,146,527 de los 4,229,786 de hachas estimadas para 2016, fueron hachas que los buzos registraron como vivas, pero con una cobertura elevada de tunicado (con más del 50% de sus valvas cubiertas por tunicado), de modo que las restantes 2,083,259 hachas o no tenían tunicado o tenían coberturas menores al 50%. Sin embargo, la abundancia promedio obtenida en el censo 2017 sugiere que probablemente las hachas vivas amenazadas que se estimaron en 2016, no sobrevivieron ni tuvieron posibilidades de reproducirse. Es probable que tampoco parte de las hachas con coberturas menores al 50%, pudieron reproducirse ni sobrevivir.

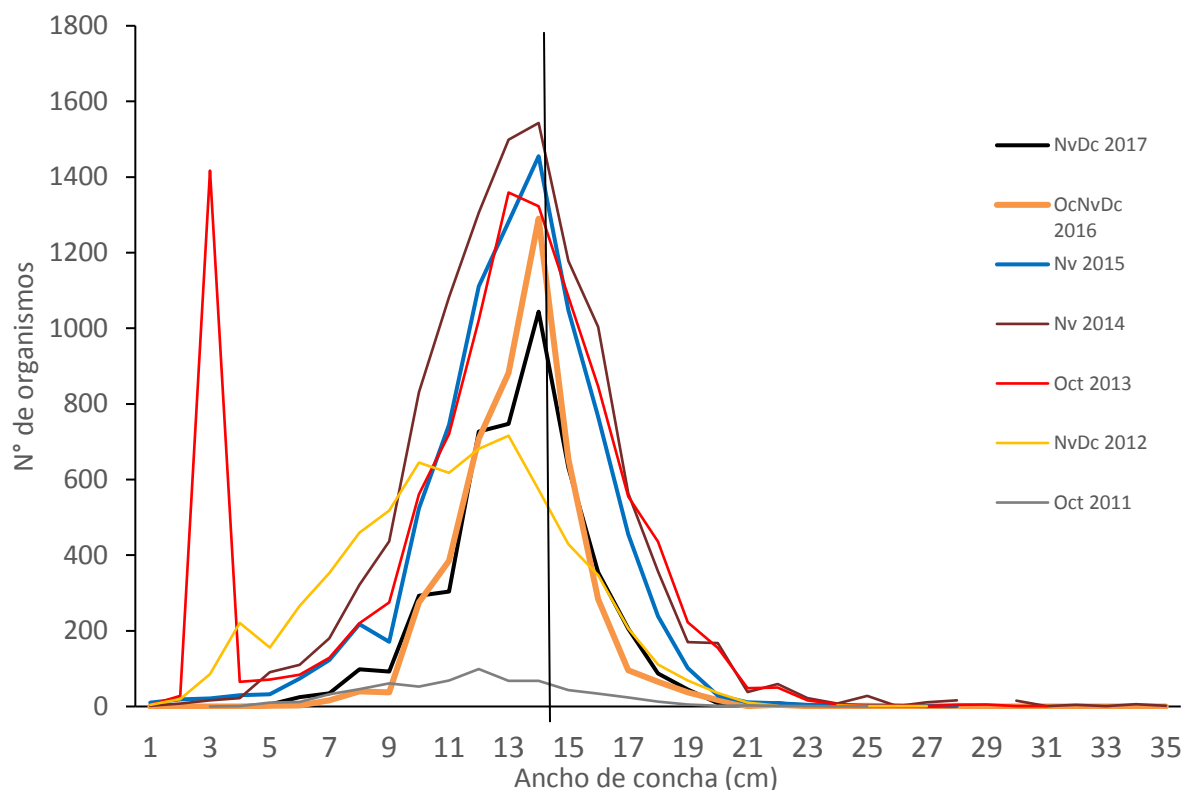
Los buzos también reportaron que las hachas cubiertas por tunicado quedaron más expuestas a la fuerza de la corriente y por ello más susceptibles de desenterrarse; además observaron que las conchas con tunicado se vuelven más quebradizas y frágiles. Por ello, la tormenta Lidia también contribuyó a desenterrar aquellas hachas que ya se encontraban debilitadas, y la corriente las termino de sacar, abonando a la disminución poblacional.



**Figura 4.** Estimaciones de abundancia poblacional para *A. maura*: la línea continua indica la estimación incluyendo en 2016 las hachas amenazadas con tunicado; la línea punteada indica la estimación excluyendo las hachas amenazadas por tunicado (*A. maura* sin tunicados).

### Estructura de tallas por especie

Con respecto a las estructuras de tallas, el análisis indica que, a partir de 2015, 2016 y particularmente en 2017 (Fig. 5) (líneas más gruesas en la gráfica), los rangos de talla en la población se han reducido, y ya no se observan organismos mayores a 21 cm de ancho de concha; también se observa una disminución en la presencia de organismos pequeños en la población. Esta ausencia de organismos de tallas mayores (reproductores) y de juveniles (reclutas), puede ser indicador del fallo en el proceso reproductivo que se dio particularmente entre 2015, 2016 y 2017, por lo que es importante tomar medidas que favorezcan la permanencia de reproductores para restablecer la población de *Atrina maura*.



**Figura. 5.** Estructura de tallas de varios años, obtenida de los censos anuales.

Esta pérdida de abundancia se dio en un momento en el que los pescadores preveían el inicio de la pesca, debido a que en julio de 2017 recibieron el título de concesión pesquera que les da acceso al recurso por veinte años. Por esta razón la disminución poblacional afectó a la temporada de pesca que se había programado para empezar en 2017. Parte de los retos es estimar el monto al que ascendió la pérdida de abundancia poblacional.

### Estimación del impacto económico de la presencia del tunicado en la pesquería de callo de hacha en la Ensenada de La Paz

Una primera aproximación de lo que representó la pérdida de organismos que murieron como consecuencia de la invasión y crecimiento del tunicado en la Ensenada de La Paz durante 2016 y 2017, tanto para la para la pesquería, como para el proceso de recuperación poblacional mismo, se ha realizado empleando dos fuentes de información disponibles: (1) la que se generó durante los censos anuales de

2016 y 2017; y (2) la obtenida durante las acciones de limpieza y control. Los datos de los censos permitieron realizar la estimación de abundancia de hachas vivas (i) la de hachas muertas (ii) y la estructura de tallas en la ensenada (iii) (estos censos han consistido en el monitoreo *in situ*, de abundancia y talla para las tres especies de callo de hacha, evaluadas en 170 hectáreas representativas de las zonas de mayor idoneidad para la presencia del recurso, que en total integran un área de aproximadamente 2000 hectáreas de la Ensenada). De las acciones de limpieza se obtuvo el número de conchas con elevada cobertura de tunicado (hachas muertas por tunicado) y que fueron retiradas del fondo marino (Tabla 1). A partir de esta información fue posible dimensionar la afectación causada por la presencia de la ascidia, en términos de abundancia y de tallas, sobre las poblaciones de callo de hacha en la Ensenada de La Paz.

### Afectación en la abundancia

La información generada durante los censos anuales de 2016 y 2017 permitió estimar que para 2016 la abundancia de hachas vivas fue de 4,229,786 organismos, y de 349,870 hachas muertas. Para 2017 las estimaciones indicaron una abundancia de 903,720 hachas vivas y 201,060 hachas muertas (Tabla 1). El número de conchas cubiertas de tunicado y retiradas durante el saneamiento, fue de 16,922 para 2016 y de 30,044 para 2017 (sumando un total de 46,966 organismos durante los dos años) (Tabla 1).

La suma de las hachas muertas estimadas en el censo más las contabilizadas en la limpieza sumaron un total de 366,792 para 2016 y de 231,104 para 2017 (Tabla 1), dando un total de 597,896 hachas muertas durante los dos años.

Las hachas muertas (tanto las estimadas a partir del censo como las retiradas durante el saneamiento), más las hachas vivas estimadas, representan el número total de organismos que estuvieron presentes en la Ensenada en cada año analizado. De manera que para 2016 el total de organismos estimado ascendió a 4,596,578 y a 1,134,824 para 2017. Por esta razón, el porcentaje de hachas muertas representó respectivamente, el 8% para 2016 y el 20.4 % para 2017.

Tabla. 1. Estimación de la abundancia de hachas vivas y muertas durante el censo y saneamiento de 2016 y 2017.

		Año		
Actividad	Información obtenida	2016	2017	Total
<b>Censo</b>	Estimación abundancia (hachas vivas)	<b>4,229,786</b>	<b>903,720</b>	
<b>Censo</b>	Estimación abundancia (hachas muertas)	349,870	201,060	550,930
<b>Limpieza</b>	Hachas muertas (retiradas durante saneamiento)	16,922	30,044	46,966
	<b>Total hachas muertas</b>	<b>366,792</b>	<b>231,104</b>	597,896
	Total de hachas (vivas + muertas)	<b>4,596,578</b>	<b>1,134,824</b>	
	Porcentaje mortalidad	8%	20.4%	

La aportación de cada especie a la mortalidad estimada (Tabla 2) indicó que *A. maura* aportó el 84% al total de organismos muertos por tunicado, para cada año; mientras que *Pinna rugosa* aportó el 14% y *A. tuberculosa* el 2%.

Tabla 2. Porcentaje de aportación a la mortalidad por especie y año.

Especie	2016	%	2017	%
<i>A. maura</i>	308,105	84	194,127	84
<i>A. tuberculosa</i>	7,336	2	4,622	2
<i>Pinna rugosa</i>	51,351	14	32,355	14
Total hachas muertas	<b>366,792</b>		<b>231,104</b>	

### Afectación a la estructura de tallas

La cantidad de hachas muertas por especie se dividió a su vez en dos categorías de talla: 1) Juvenil (1 a 13 cm de ancho de concha) y 2) Comercial (mayores de 14 cm de ancho de concha); se estimaron los porcentajes de contribución correspondientes (Tabla 3). (Por simplificación de cálculos, se consideró la misma talla comercial para las 3 especies, debido a que la aportación de *A. maura* representó el 84% de los organismos).

Tabla 3. Aportación por especie, año y categoría de talla a la mortalidad por tunicado.

Categoría de talla	Especie	Año	
		<b>2016</b>	<b>2017</b>
Recluta + juvenil (49%)		<b>179,728</b>	<b>113,241</b>
	<i>A. maura</i> 84%	150,972	95,122
	<i>A. tuberculosa</i> 2%	3,595	2,265
	<i>Pinna rugosa</i> 14%	25,162	15,854
Comercial (51%)		<b>187,064</b>	<b>117,863</b>
	<i>A. maura</i> 84%	157,134	99,005
	<i>A. tuberculosa</i> 2%	3,741	2,357
	<i>Pinna rugosa</i> 14%	26,189	16,501

Las consideraciones para valorar las pérdidas económicas derivadas de la muerte de organismos invadidos por *Distaplia stylifera*, consideran que este efecto o pérdida económica se reflejó a partir de 2017, que es cuando la pesquería se reactivó, después de 7 años de recuperación poblacional y de que la organización de pescadores (OPRE) contó con la concesión de pesca que le otorgó derechos exclusivos de pesca de este recurso en el área.

Para estimar el valor económico asociado a la producción de callo, o músculo aductor (es la parte del organismo que se comercializa), que se produjo y perdió debido a la cantidad de animales que murieron a causa de la invasión y no pudieron ser aprovechados comercialmente; se calculó el rendimiento



estimado (en kg) de callo que pudo estar disponible para 2017 y 2018 (Tabla 4). Las consideraciones y supuestos que se emplearon para hacer la estimación de la producción de callo, son las siguientes:

- 1) se consideró un rendimiento promedio de 35 organismos por kg de callo (en las tres especies), que es un valor conservador, adecuado;
- 2) se asume una mortalidad natural del 30% para organismos juveniles (considerando que una vez establecidos en el fondo, la mortalidad natural se reduce considerablemente, ya que la principal mortalidad ocurre en etapas larvarias, pero no se encontró información de sustento, para poblaciones silvestres, solo se cuenta con información de cultivo) (Góngora-Gómez *et al.*, 2011);
- 3) El precio por kg de callo se definió en función del valor actual en el mercado (\$400 MN por kilo de callo para *Atrina maura* (callo media luna) y \$320 MN para el kilo de callo de *Pinna rugosa* (callo redondo) o de *A. tuberculosa*;
- 4) Se asumió que los organismos muertos por tunicado en 2016 (tanto de tallas juveniles como comerciales) habrían estado disponibles para la temporada de pesca de 2017, con las siguientes precisiones: a) para los juveniles se estimó el rendimiento sobre el 70% de los organismos (mortalidad del 30%); b) para los organismos de talla comercial de 2016, se asumió que todos estarían disponibles a la pesquería en 2017;
- 5) Para los organismos muertos por tunicado durante 2017, se agregaron otras consideraciones, como: a) los juveniles no estarían disponibles para la temporada de pesca de 2017, sino para la temporada de 2018, por ello se consideró potencialmente explotable durante la pesca de 2018 (y en la tabla se ubican en la columna de 2018);
- 6) Para las especies *A. tuberculosa* y *P. rugosa*, tanto los juveniles como los comerciales estimados en 2016 y 2017 se consideraron disponibles al stock pesquero de la temporada 2018, y las estimaciones económicas se consideraron para ese año.

Tabla 4. Valor estimado del rendimiento de callo producido y no aprovechado, para las temporadas de pesca 2017 y 2018.

	N° de organismos muertos por año y su equivalente en kg de callo producidos				Valor estimado de la producción de callo perdida para dos temporadas de pesca	
	2016		2017		2017	2018
	N° orgs	Kg callo	N° orgs	Kg callo		
<b><i>A. maura</i></b>						
Juvenil (30% mortalidad)	150,972	3,019	95,122	1,902	\$ 1,207,773 \$ 2,927,299	\$ 760,979
Comercial (\$400/kg)	157,134	4,490	99,005	2,829		
<b><i>A. tuberculosa</i></b>						
Juvenil (30% mortalidad)	3,595	72	2,265	45		\$ 37,500
Comercial (\$320 /kg)	3,741	107	2,357	67		\$ 55,758
<b><i>Pinna rugosa</i></b>						
Juvenil (30% mortalidad)	25,162	503	15,854	317		\$ 262,500
Comercial (\$320 /kg)	26,189	748	16,501	471		\$ 390,307
Subtotal					\$ 4,135,0720	\$ 1,507,044
<b>Total</b>						<b>\$5,642,116</b>

La estimación económica de lo que representó la pérdida de la producción debida a los organismos que murieron por la elevada cobertura de tunicado, indican que los montos son cuantiosos y que ascienden, en número de organismos a casi quinientos noventa y ocho mil organismos, y en costo económico a aproximadamente \$5,642,116 pesos.

Además de las pérdidas estimadas por la producción que no se logró durante 2016, y la baja producción generada en 2017, debe agregarse la pérdida en la capacidad reproductiva de la población, (en este trabajo no ha sido cuantificada en términos económicos). Sin embargo, el efecto negativo del fallo reproductivo se refleja en una reducción del rango de tallas de la población para 2018, tanto de organismos grandes como de juveniles y reclutas.

En contraparte, una condición favorable dentro de este contexto, es que aparentemente el 2018 ha sido un año en el que el tunicado no ha crecido como en los años anteriores, lo que hace suponer que el crecimiento que se observó en 2016 pudo estar relacionado con los incrementos anómalos de temperatura que se registraron en el Pacífico y que favorecieron el crecimiento de la cobertura de tunicado, además de que no había antecedentes de invasión. Por el momento no se tienen pruebas concluyentes, excepto las observaciones de los pescadores, que reportan que durante 2018 la invasión no ha avanzado más y se ha logrado contener.

## CONCLUSIONES

La presencia del tunicado ha representado pérdidas económicas y ambientales importantes para los pescadores de OPRE y al parecer las condiciones de la Ensenada favorecieron los procesos de dispersión de las ascidias en esta laguna costera. Reportes eventuales de productores y académicos, han indicado la presencia de *Distaplia stilifera* en las inmediaciones de Pichilingue (específicamente en el muelle de la Unidad Pichilingue de la UABCS: 24° 16.176'N y 110° 19.487'O) y en la salida de la Marina Costa Baja (24° 13.043'N y 110° 18.348'O), sin embargo, estas observaciones no reportan que exista un crecimiento masivo del tunicado. Por ello se considera que aún es posible revertir o disminuir la presencia de esta especie invasora, antes de que provoque más afectaciones a otras zonas y organismos locales.

Por ello, parte de los objetivos de los documentos elaborados en este contrato, es el de llamar la atención a la problemática que esta especie genera y propiciar las acciones conjuntas y participación de diversos sectores en la implementación de medidas que permitan contar con mayor participación en el control de esta especie.

Los organismos más afectados por la presencia del tunicado son tanto organismos juveniles como organismos viejos, y en 2017 se ha seguido reduciendo la presencia de organismos mayores a tallas de 20 cm de ancho de concha. Los tunicados al cubrir las valvas de las hachas de manera parcial o total, impiden que las abran para poder alimentarse o que puedan realizar procesos reproductivos.

Es probable que las condiciones anómalas de temperatura elevada hayan detonado el crecimiento explosivo del tunicado, que además encontró en las hachas en restauración, buen sustrato para

expandirse, ya que la densidad por unidad de área se ha incrementado, sobre todo en las zonas en las que los bancos se están restableciendo.

Se están desarrollando acciones colaborativas entre los pescadores de OPRE, NOS, CONAPESCA, INAPESCA, CONABIO y academia (CICIMAR, CIBNOR, UABCS), para entender y cuantificar el grado de afectación que el tunicado está provocando en la población, así como desarrollando mejoras en las prácticas para minimizar o controlar la invasión.

A pesar de estos efectos adversos, aún se siguen viendo zonas de reclutamiento que quedan fuera de las áreas monitoreadas, como son las zonas de entre marea de varias áreas de la Ensenada. Además, los esfuerzos de reubicación y resiembra de organismos de callo de hacha (adultos y juveniles) han sido exitosos al mostrar buenos resultados de sobrevivencia.

### **RECOMENDACIONES**

Para favorecer el saneamiento de la población y el control de la dispersión del tunicado se sugiere continuar con la extracción de objetos y conchas con elevada cobertura de tunicado; también se sugiere continuar la limpieza de valvas en organismos vivos. Además, es necesario generar información relativa a la tasa de crecimiento del tunicado y realizar el seguimiento de las zonas limpiadas, para saber el tiempo que tarda en volver a cubrirse. Adicionalmente, es importante identificar dentro de la Ensenada posibles sitios de dispersión del tunicado y definir zonas estratégicas de limpieza de tunicado de acuerdo con las condiciones de la corriente.

Con esta información se podrán diseñar estrategias para el repoblamiento del callo de hacha, definiendo parches de referencia, manteniendo organismos a densidades definidas y en condiciones controladas de crecimiento de tunicado y a densidades que favorezcan procesos de sincronización reproductiva de las hachas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010.** Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México

**Góngora – Gómez, A. M.; García – Ulloa, M.; Domínguez – Orozco, A. L. & Hernández – Sepúlveda, J. A. 2011.** Crecimiento de callo de hacha *Atrina maura* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Pinnidae) cultivado a diferentes densidades. Avances en investigación agropecuaria, 15 (2): 79 – 94.

**Pennington, M. 1996.** Estimating the mean and variance from highly skewed marine data. Fishery Bulletin 94: 498-505.

**Pimentel, D., S. McNair, J. Janecka, J. Whightman, C. Simmonds, C. O'Connell & E. Wong. 2001.** "Economic and Environmental Threats of Alien Plant, Animal and Microbe Invasions." Agriculture, Ecosystems and Environment 84: 1-20.

**Pimentel, D., R. Zuniga & D. Morrison. 2005.** Update on the environmental and economic costs associated with alien- invasive species in the United States. Ecological Economics 52: 273 – 288.

**Sala, O.E., F.S.I. Chapin, J.J. Armesto, et al. 2000.** Global biodiversity scenarios for the year 2100. en: Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

**Stabridis, O. A., A. Geuvara, R. Mendoza- Alfaro, Ramírez- Martínez, C. Escalera- Gallardo & P. Koleff- Osorio. 2009.** Análisis socioeconómico de los efectos de la familia Loricariidae en México: el caso de la presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo) en: Directrices Trinacionales Para La Evaluación De Riesgos De Las Especies Acuáticas Exóticas Invasoras.